

**ВОГНЕЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ
КРЕМНЕЗЕМУ ТА ФОСФАТНИХ БУФЕРНИХ РОЗЧИНІВ**

Н.М. Лисак, аспірант, викладач, НУЦЗ України

О.Б. Скородумова, д.т.н., професор, професор, НУЦЗ України

А.А. Чернуха, к.т.н., доцент, доцент кафедри, НУЦЗ України

Фосфорвмісні сполуки є одними з найбільш ефективних та безпечних засобів для підвищення вогнестійкості полімерних матеріалів. Однією з переваг використання таких речовин у галузі пожежної безпеки є їхня здатність проявляти антипіренові властивості як у газовій, так і в конденсованій фазах під час процесу горіння. Така характеристика робить фосфорвмісні речовини універсальними та дієвими вогнезахисними агентами. У конденсованій фазі сполуки фосфору сприяють утворенню захисного вуглецевого шару, що перешкоджає доступу кисню та поширенню вогню. У газовій фазі відбувається розкладання цих антипіренів при дії високих температур із вивільненням фосфорвмісних груп, що здатні захоплювати активні радикали H^{\bullet} і HO^{\bullet} , каталізуючи при цьому процеси дегідратації [1]. Низька токсичність також є одним із факторів, що сприяють широкому використанню цих сполук для вогнезахисту.

Існує низка робіт, що присвячена вивченню синергічної антипіренової дії сполук силіцію та фосфору [2]. Результати досліджень підтверджують покращення вогнезахисних властивостей полімерів у разі використання комплексних композицій. Зокрема, кремній може покращувати стабільність та структурну цілісність карбонізованого шару, утворенню якого сприяють фосфорвмісні речовини. Такий синергізм двох елементів є основою для забезпечення більш надійного захисту полімерних матеріалів від термічного руйнування у випадку пожежі.

Метою представленої роботи була оцінка впливу фосфатних буферних розчинів з різним вмістом та рН на властивості кремнеземвмісного вогнезахисного покриття на поверхні деревини та екструдованого пінополістиролу.

Золі кремнієвої кислоти отримували змішуванням розчинів рідкого скла та оцтової кислоти. Як вихідні компоненти для буферних розчинів використовували натрієві солі гідро- та дигідрофосфатів.

Реологічні властивості золів досліджували методом спектрофотометрії (фотоколориметр КФК-2, довжина хвилі 490 нм). Найнижчий час прихованої коагуляції мали композиції, модифіковані фосфатним буферним розчином з рН 6, також спостерігалось зростання цього параметру при збільшенні вмісту добавки. Плинність золів у середньому складала 2 години для всіх експериментальних моделей. Така тривалість застигання є задовільною для того, щоб нанесення композиції на поверхню матеріалу було якісним, а

утворене покриття однорідним. Модифікування фосфатними буферними розчинами підвищило живучість золів майже в 2 рази, порівняно із системами, де як добавку вносили ортофосфатну кислоту.

За даними інфрачервоної спектроскопії (спектрометр FTIR-8400S, споряджений приставкою QATR 10 (Shimadzu), діапазон частот коливання 400–4000 cm^{-1}) було підтверджено однорідність структури модифікованих гелів кремнезему, що дозволило прогнозувати високу ефективність захисту від вогню покриттів на основі досліджуваних композицій.

Золі кремнекислоти наносили на поверхню експериментальних зразків (дерев'яних розмірами 9x6x3 см та з екструдованого пінополістиролу марки XPS розміром 5x5x3 см) ванним методом. Наносили три шари композиції, висушуючи кожен у сушильній шафі при 80°C. На поверхню зразків також додатково наносили розчин $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ методом розпилення та висушували.

Вогневі випробування для деревини проводили згідно з ДСТУ 4479:2005, встановлюючи групу вогнезахисної ефективності покриття, та згідно з ДСТУ 8829:2019, визначаючи групу горючості. Зразки пінополістиролу випробовували вогнем протягом 10 с, вимірюючи масу до та після експерименту.

І групу вогнезахисної ефективності покриття було встановлено для композицій, модифікованих фосфатним буферним розчином з рН 7 з масовою часткою добавки 25 %, зразки деревини належали до важкозаймистих.

Використання фосфатних буферних розчинів у складі покриття сприяло запобіганню утворенню палаючих крапель під час горіння екструдованого пінополістиролу. Досліджувані склади підвищували вогнестійкість зразків, збільшуючи час початку горіння майже вдвічі, порівняно із необробленим зразком. У разі використання композиції із 20 %-м вмістом фосфатних буферних розчинів з рН 6 та 7 взагалі не спостерігалось горіння. Втрата маса зразків становила < 2 %.

Отже, кремнеземвмісне покриття, модифіковане фосфатним буферним розчином з рН 7, потенційно може розглядатися як універсальний вогнезахисний склад для оздоблювальних будівельних матеріалів, таких як деревина та екструдований пінополістирол. Отримані результати можуть стати фундаментом для подальших досліджень у галузі розробки та впровадження технологій пожежної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zhang C., Jiang Y., Li S., Huang Z., Zhan X., Ma N., Tsai, F. Recent trends of phosphorus-containing flame retardants modified polypropylene composites processing. *Heliyon*. 2022. № 8(11). P. e11225. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11225>.
2. Wang K., Huang W., Tian Q., Tu C., Yang C., Yan W. Multiple synergistic effects of silicon-containing flame retardants and DOPO derivative enhance the flame retardancy of epoxy resin. *Polymer-Plastics Technology and Materials*. 2024. № 63(10). P. 1294-1305. doi: <https://doi.org/10.1080/25740881.2024.2328617>.